



Bilde 1: Etterpoleringsanlegget i Skjønhaug med rislefilter og tre rensedammer. Foto: Anne Kristine Søvik.

## Nitrogenfjerning i konstruerte våtmarker og filterbedanlegg - utslipp av drivhusgassene $N_2O$ og $CH_4$

Anne Kristine Søvik  
Bioforsk Jord og miljø  
Kontaktperson: [anne.sovik@bioforsk.no](mailto:anne.sovik@bioforsk.no)

De biologiske prosessene som fjerner nitrogen og karbon i naturbaserte rensesystemer som konstruerte våtmarker og filterbedanlegg kan også produsere drivhusgassene lystgass ( $N_2O$ ) og metan ( $CH_4$ ). Målinger av gassflukser i felt ved ulike årstider har gitt oss en indikasjon på mengden av disse gassene som slipper ut fra ulike typer naturbaserte renseanlegg. Laboratorieforsøk har bedret forståelsen av faktorer som påvirker produksjon av  $N_2O$  i ulike typer filtermaterialer brukt i naturbaserte rensesystemer.

### Bakgrunn

I naturlige våtmarker foregår en rekke ulike renseprosesser. Derfor har slike økosystemer blitt videreutviklet som renseanlegg under betegnelsen konstruerte våtmark (på engelsk: "constructed wetland" eller "treatment wetland"). Disse systemene kan ha ulik

utforming; de kan være i form av en grunn dam eller være fylt med filtermateriale. Som regel er de beplantet med våtmarksplanter. Filterbedanlegg er betegnelsen på et rensesystem bestående av et basseng fylt med filtermateriale, som så igjen er dekket med jord og gress. I Norge blir konstruerte

våtmarker og filterbedanlegg brukt til å rense kommunalt avløpsvann, landbruksavrenning, vegavrenning, urban avrenning og sivevann fra fyllinger. Studier som er gjort hittil indikerer at betydelige mengder lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) og metan ( $\text{CH}_4$ ) kan slippe ut fra våtmarker – også de som er kunstig etablert. Da det anlegges stadig flere slike anlegg er det behov for å kjenne til mengden drivhusgasser som slipper ut fra disse systemene. Denne artikkelen oppsummerer undersøkelser foretatt av Bioforsk – jord og miljø i regi av EU-prosjektet PRIMROSE og NFR-prosjektet "Increased N removal in constructed wetland filters – use of stable nitrogen isotopes to determine factors controlling denitrification and DNRA".

#### Prosesser som produserer $\text{N}_2\text{O}$

Den mikrobielle prosessen som omgjør nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) til nitrogengass ( $\text{N}_2$ ) kalles denitrifikasjon og foregår under anaerobe forhold (uten oksygen). Lystgass ( $\text{N}_2\text{O}$ ) er et mellomprodukt i denne prosessen. Den mikrobielle prosessen som omgjør ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) til  $\text{NO}_3^-$  kalles nitrifikasjon og foregår under aerobe forhold (med oksygen til stede). Lystgass kan være et biprodukt i denne prosessen.

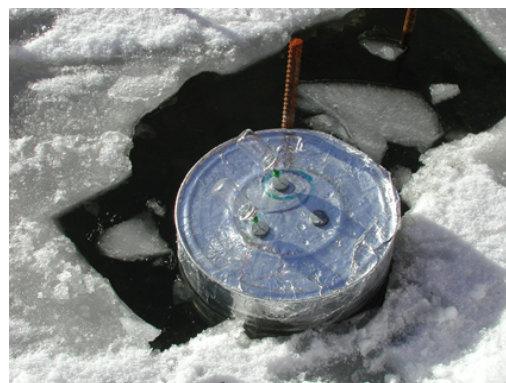
#### Oppbygging av filterbedanlegg

Et filterbedanlegg består som oftest av et forfilter og et hovedfilter. I forfilteret er det oksygen til stede, og her skal  $\text{NH}_4^+$  i avløpsvannet gjøres om til  $\text{NO}_3^-$  ved nitrifikasjon. Strømningen i forfilteret er vertikal. Hovedfilteret har horisontal strømning og har anaerobe forhold. Her skal  $\text{NO}_3^-$  gjøres om til nitrogengass ved denitrifikasjon.

Noen konstruerte våtmarker er også bygget opp etter samme prinsipp. I etterpoleringsanlegget i Skjønhaug strømmer deler av avløpsvannet gjennom aerobe riselfiltre før det ledes ut i rensedammene (se bilde 1).

#### Målinger av gassflukser - metode

Gassflukser (= mengde gass produsert per areal og tid) blir målt med lukkede metallkamre med innfalte gummiseptum (se bilde 2). Gassprøver blir tatt fra kamrene etter bestemte tidsintervall med en dobbelsidig nål som samtidig blir presset



Bilde 2: Målinger av gassflukser med metallkamre om vinteren i etterpoleringsanlegget i Skjønhaug. Foto: Anne Kristine Søvik.

gjennom septumet til metallkammeret og septumet til en evakuert glassflaske. Konsentrasjonen til gassene i glassflaskene måles på en gasskromatograf.

Gassflukser er blitt målt i et etterpoleringsanlegg (konstruert våtmark) i Skjønhaug og i et pilotanlegg etablert inni et drivhus. Pilotanlegget bestod av et 3 m langt, 0,5 m bredt og 0,75 m høyt kar fylt med skjellsand (ikke beplantet).

#### Flukser av $\text{CH}_4$

Mengden  $\text{CH}_4$  produsert varierte både i rom og tid. Gjennomsnittlige flukser ble målt til 160 og 110  $\text{mg CH}_4\text{-C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$  i henholdsvis etterpoleringsanlegget og skjellsandfilteret. Høyest produksjon av  $\text{CH}_4$  skjer der det er høy temperatur, mye karbon og anaerobe tilstander. Alikevel ble det funnet like høy produksjon av  $\text{CH}_4$  om vinteren som om sommeren i Skjønhaug, til tross for mye lavere vanntemperaturer om vinteren.

Fluksene målt i de to renseanleggene var omtrent like store som flukser målt i andre konstruerte våtmarksanlegg. De var også sammenlignbare med flukser fra naturlige våtmarker i nordlige strøk.

#### Flukser av $\text{N}_2\text{O}$

Tallene for  $\text{N}_2\text{O}$  viste også stor variasjon i rom og tid. Gjennomsnittet var på 8,3 og 75  $\text{mg N}_2\text{O-N m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$  i henholdsvis etterpoleringsanlegget og skjellsandfilteret.

Det ble funnet at fluksene var noe høyere enn flukser fra de fleste europeiske skogsjordstypene, men de kan sammenlignes med flukser fra europeisk landbruksjord.

Tabell 1. Lystgassutslipp i forhold til total mengde nitrogen inn i anleggene og total mengde nitrogen fjernet fra anleggene.

	N <sub>2</sub> O-N / N inn (%)	N <sub>2</sub> O-N / fjernet N (%)
Skjønhaug - høst	0,5	2,3
Skjønhaug - vinter	0,002	0,008
Skjønhaug - sommer	0,02	0,09
Pilotanl. - forfilter	4,1	54
Pilotanl. - hovedfilter	1,7	11

Ved å multiplisere gjennomsnittlig fluks av N<sub>2</sub>O med arealet til anlegget, får vi et tall på det totale utslippet av N<sub>2</sub>O per døgn. For våtmarken i Skjønhaug utgjør utslippet av N<sub>2</sub>O per døgn en liten del av mengden nitrogen som kommer inn i anlegget, og en liten del av nitrogenet som blir rensset (se tabell 1). For pilotanlegget bestående av et forfilter og et hovedfilter, blir ganske mye av det N som blir fjernet sluppet ut som N<sub>2</sub>O. Dette skyldes høy produksjon av N<sub>2</sub>O i forfilteret, som er delvis aerobt og delvis anaerobt. Dermed blir trolig N<sub>2</sub>O produsert både via nitrifikasjon og denitrifikasjon. For å bekrefte disse resultatene bør det tas flere målinger av N<sub>2</sub>O-flukser fra forfiltre i filterbedanlegg.

#### Laboratorieforsøk

Forsøkene omfattet ulike filtermaterialer brukt i filterbedanlegg og konstruerte våtmarker. Det ble tilsatt ulike oksygen- og nitratkonsentrasjoner. Følgende filtermaterialer ble brukt: skjellsand, lettklinker (leca), sand og torv. Filtermateriale og kommunalt avløpsvann med NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ble tilsatt små flasker (se bilde 3) som ble gjort anaerobe. Gassutviklingen inni flaskene ble målt på en gasskromatograf.



Bilde 3: Flasker brukt i laboratorieforsøket, fra venstre lettklinker, torv, sand og skjellsand. Foto: Reidun Aspmo.

#### Denitrifikasjon i ulike filtermaterialer

Laboratorieforsøket viste at høy denitrifikasjon i sand, skjellsand og torv. Sand og skjellsand hadde også lave utslipp av N<sub>2</sub>O, mens torvjorden kunne slippe ut betydelige mengder N<sub>2</sub>O. Nytt lettklinkmateriale hadde svært lav denitrifikasjon, da materialets høye pH verdi virker negativt inn på de bakteriene som utfører denitrifikasjonen. I eldre lettklinkmateriale der pH-verdien hadde sunket var denitrifikasjonen lik den funnet i sand og skjellsand. Imidlertid viste det seg at eldre lettklinkmateriale hadde en høy produksjon av N<sub>2</sub>O sammenlignet med skjellsand.

Sand og skjellsand er dermed vurdert til å egne seg best som filtermateriale i renseanlegg der nitrogenfjerning er ansett som viktig.

#### Effekt av oksygen- og NO<sub>3</sub>-konsentrasjon på denitrifikasjon og utslipp av N<sub>2</sub>O.

En høyere NO<sub>3</sub>-konsentrasjon i flaskene førte til høyere denitrifikasjon, men hadde ingen innvirkning på utslipp av N<sub>2</sub>O. Økt innhold av oksygen reduserte denitrifikasjonen og økte utslippet av N<sub>2</sub>O fra både nitrifikasjon og denitrifikasjon.

For å redusere utslippene av N<sub>2</sub>O fra konstruerte våtmarker og filterbedanlegg bør dermed NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-oksidasjonen i forfilteret være så fullstendig så mulig. Videre bør forfilteret være mest mulig aerobt, og hovedfilteret være mest mulig anaerobt.

#### Effekt på klima

For å kunne sammenligne effekten av CH<sub>4</sub> og N<sub>2</sub>O-utslipp på det globale oppvarmingspotensialet, blir fluksene regnet om til såkalte CO<sub>2</sub> ekvivalenter. I etterpoleringsanlegget i Skjønhaug kan det se ut som om fluksene av CH<sub>4</sub> fra dammene har større betydning enn fluksene av N<sub>2</sub>O, mens situasjonen er omvendt for rislefiltrene. Når det gjelder forfilteret i pilotanlegget i Ski bidrar utslippet av N<sub>2</sub>O i betydelig større grad til oppvarmingspotensialet enn CH<sub>4</sub>. For hovedfilteret er bidraget fra de to gassene i samme størrelsesorden.

Når man skal vurdere virkning av gassutslipp fra konstruerte våtmarker og filterbedanlegg på det globale klimaet, er det viktig å sammenligne dem med utslipp fra



konvensjonelle renseanlegg. Våre undersøkelser indikerer at fluksene av  $N_2O$  fra konstruerte våtmarker er lavere enn det som er målt for konvensjonelle anlegg (gjennomsnittlige flukser på 8,3 og 75 mg  $N_2O-N\ m^{-2}\ dag^{-1}$  i våre undersøkelser mot 76-1100 mg  $N_2O-N\ m^{-2}\ dag^{-1}$  i luftet tank i et konvensjonelt anlegg i USA). Flere undersøkelser kreves for å bekrefte disse tallene.

Dersom ubehandlet avløpsvann blir sluppet direkte ut i resipienten, vil vannkvaliteten bli dårlig. Nitrogen og karbon vil også brytes ned i bekker og elver på samme måte som i våtmarker og dermed bidra til utslipp av klimagasser. De positive effektene av konstruerte våtmarker når det gjelder vannkvalitet vurderes derfor som viktigere enn de negative effektene av drivhusgassutslippene.



Bilde 4: Våtmark i jordbrukslandskap. Foto: Trond Mæhlum

**Fagredaktør denne utgaven:**

Forskningsleder Trond Mæhlum, Bioforsk Jord og miljø

**Ansvarlig redaktør:**

Forskningsdirektør Nils Vagstad, Bioforsk

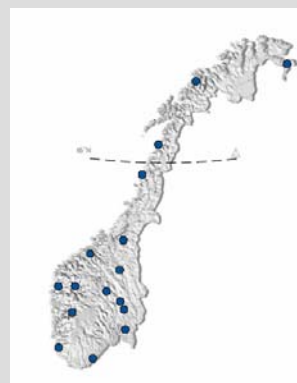
ISBN-13 nummer: 978-82-17-00209-3

www.bioforsk.no

**Bioforsk:**

**Trygg matproduksjon, rent miljø og økt verdiskapning basert på langsiktig ressursforvaltning**

- Lokalisert over hele Norge
- Organisert i sju sentra
- 500 medarbeidere
- Omsetning 320 mill. kr



Bioforsk, Fr. A. Dahlsvei 20, 1432 ÅS

Tlf. 03 246

Faks. 63 00 94 10

post@bioforsk.no